



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONZOLOVÝ JEŘÁB

CANTILEVER CRANE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radek Vozárik

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Radek Vozárik**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konzolový jeřáb

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrhy vybraných vhodných parametrů konzolových jeřábů dle výběru možností dostupných výrobců včetně konstrukčních podkladů.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat technickou zprávu s rozбором možných typů konstrukce.
 Provést výběr vhodného kladkostroje včetně zdůvodnění rešerší.
 Vybrat a posoudit kritická místa konstrukce.
 Nakreslit výkres konzolového jeřábu dle vybraných parametrů, konstrukční výkres dráhy jeřábu.

Seznam literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír K LAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá studiem konzolového pojízdného jeřábu a popisem výběru vhodného kladkostroje. Jako příklad byl vybrán jeřáb od firmy GIGA s.r.o.. Dále jsou v práci posouzeny kritická místa konstrukce. Součástí práce je také výkres jeřábu a konstrukční výkres jeřábové dráhy.

Klíčová slova

Konzolový jeřáb s pojezdem, konzolový jeřáb, jeřábová dráha.

Abstract

This bachelor thesis is concerned with the study of a wall traveling crane and a description of the choice of a suitable hoist. A crane from GIGA s.r.o was chosen as an example. In the next part, there will be assessed the critical points of construction. Part of the work is also a crane drawing and a construction drawing of the crane way.

Key words

Wall traveling jib crane, jib crane, crane way.

Bibliografická citace

VOZÁRIK, R. Konzolový jeřáb. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 26 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2017

.....

Radek Vozárik

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. a panu Ing. Ladislavu Poláčkovi za odborné rady při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu při studiu.

Obsah

ÚVOD	8
1 KONZOLOVÝ JEŘÁB	9
1.1 TYPY KONZOLOVÝCH JEŘÁBŮ	9
1.1.1 Sloupový	9
1.1.2 Nástěnný	10
1.1.3 Pojízdný	10
1.1.4 Bicyklový	11
2 VÝBĚR KLADKOSTROJE	12
2.1 PARAMETRY JEŘÁBU	12
2.2 POSTUP VÝBĚRU	12
2.3 VYBRANÝ KLADKOSTROJ	13
3 KRITICKÁ MÍSTA KONSTRUKCE	14
3.1 VÝLOŽNÍK	14
3.2 JEŘÁBOVÁ DRÁHA	17
ZÁVĚR	21
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22
SEZNAM OBRÁZKŮ	23
SEZNAM TABULEK	24
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	25
SEZNAM PŘÍLOH	26

Úvod

V této bakalářské práci se zabývám konstrukcí pojízdného konzolového jeřábu. Firma GIGA s.r.o. mi poskytla model svého jeřábu pro zpracování této práce. Jeřáb má nosnost 2500 kg a vyložení 8 m. Podle těchto parametrů je ve druhé kapitole vybrán kladkostroj. Ve třetí kapitole posuzuji kritická místa jeho konstrukce.

1 Konzolový jeřáb

Konzolový jeřáb je jeden z druhů mostových jeřábů, který se vyznačuje tím, že jeden konec výložníku je volný a druhý je uložen. Uložení může být vetknuté, otočné nebo posuvné.

1.1 Typy konzolových jeřábů

1.1.1 Sloupový

Jeden z nejpoužívanějších typů konzolového jeřábu, je právě sloupový. Je typický tím, že výložník je umístěn na nosném sloupu, na kterém se otáčí. Výložník může být i pevně spojen se sloupem a pata sloupu je uložena otočně v základu. Tato varianta ale není příliš typická, protože ložiska v patě sloupu jsou velmi namáhána.



Obr. 1.1 Sloupový konzolový jeřáb firmy ABUS [10]

1.1.2 Nástěnný

S tímto typem konzolového jeřábu se také můžeme hojně setkat ve výrobních halách a na různých pracovištích, kde je potřeba pomoci se zvedáním těžších břemen.



Obr. 1.2 Nástěnný konzolový jeřáb [6]

1.1.3 Pojízdný

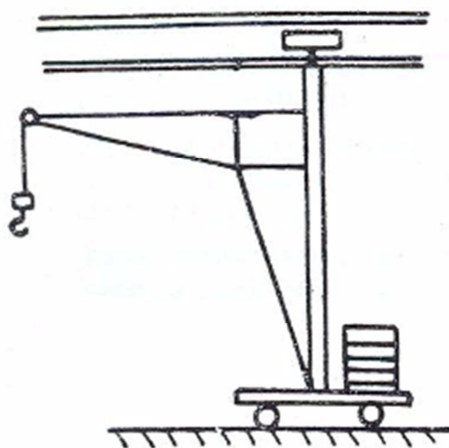
Tato konstrukce není příliš typická. Podobá se klasickému mostovému jeřábu, ale nedosahuje jeho parametrů. Při maximálním vyložení je tedy extrémně namáhaná jeřábová dráha, a z tohoto důvodu tyto jeřáby nedosahují dlouhých vyložení, ani nedisponují velikou nosností. Obvykle bývá vyložení do 8 m a nosnost do 10 t. U mostového jeřábu dokážeme v podstatě zabrat celou plochu haly, protože mostový jeřáb je ukotven na jejích stěnách a kočka může jezdit od jedné stěny ke druhé. V případně větších hal od jednoho nosného sloupu ke druhému. Proto většina zákazníků upřednostňuje spíše mostový jeřáb před konzolový pojízdným.



Obr. 1.3 Pojízdný konzolový jeřáb firmy GIGA [7]

1.1.4 Bicyklový

Tato varianta není moc používaná. Jeřáb je podobný pojízdnému konzolovému jeřábu, ale liší se tím, že jeřábová dráha je umístěna na zemi a na horní části jeřábu je umístěno kolo pro vedení. Nejvíce se tomuto typu jeřábu podobá dílenský jeřáb, ale ten nemá vedení a může se tedy kamkoli přemístit.



Obr. 1.4 Bicyklový konzolový jeřáb [1]

2 Výběr kladkostroje

2.1 Parametry jeřábu

Kladkostroj se vybírá pro pojízdný konzolový jeřáb od firmy GIGA s.r.o., který má tyto parametry:

- Nosnost: 2500 kg
- Maximální délka vyložení: 8 m

2.2 Postup výběru

Kladkostroje se vyrábí ve dvou variantách, řetězové nebo lanové. Lanové kladkostroje se používají u větších jeřábů, protože mají větší nosnost. Jejich nosnost se pohybuje řádově od 1000 kg až po 100 tun. Řetězové kladkostroje se vyrábí především pro nižší zatížení, obvykle s nosností do 2000 až 7000 kg. Dají se ale najít i kladkostroje s nosností až 25000 kg, např. kladkostroje Liftket od firmy Hoffmann Fördertechnik GmbH. Každá varianta může být stacionární, s elektrickým pojezdem nebo ručním pojezdem.

Pro náš konkrétní konzolový jeřáb postačí řetězový kladkostroj, který je levnější než lanový a jeho maximální zatížení bude jen 2500 kg. Firma GIGA, která tento jeřáb sestrojila, ale bohužel nabízí řetězové kladkostroje, pouze s nosností do 2000 kg. Musel být tedy vybrán kladkostroj od jiné firmy. Z množství firem, které kladkostroje nabízí, byly vybrány dvě, ABUS a Hoffmann Fördertechnik viz tab. 2.1 a 2.2.

Tab. 2.1 Kladkostroje firmy ABUS s nosností do 2500 kg [4]

Typ	Rychlost zdvihu [m/min]	Výkon motoru [kW]	Zatížitelnost motoru		Hmotnost včetně pojezdu [Kg]
			[%ED]	[c/h]	
GM 8 2500.4-2	0,7/4	0,33/2	50	300	145,6
GM 8 2500.5-2	0,8/5	0,4/2,5	40	240	145,6
GM 8 2500.6-3	1/5	0,5/3	40	240	145,6

Tab. 2.2 Kladkostroje Liftket star s nosností do 2500 kg [3]

Typ	Rychlost zdvihu [m/min]	Výkon motoru [kW]	Zatížitelnost motoru		Hmotnost včetně pojezdu [Kg]
			[%ED]	[c/h]	
2500/2-4	4	1,7	60	240	77
2500/1-10	10	4	60	240	137
2500/1-10/2,5	10/2,5	4,4/1,1	40/25	240	165

2.3 Vybraný kladkostroj

Byl vybrán kladkostroj GM 8 2500.4-2 firmy ABUS. Tento kladkostroj je nejvhodnější ze všech šesti porovnávaných. Má sice větší hmotnost, ale má dvě rychlosti zdvihu a motor vydrží při poloviční zátěži až 300 sepnutí za hodinu, což je dostačující.



Obr. 2.1 Kladkostroj firmy ABUS [5]

Další parametry vybraného kladkostroje GM 8 2500.4-2:

Tab. 2.3 Kladkostroj GM 8 2500.4-2 [4]

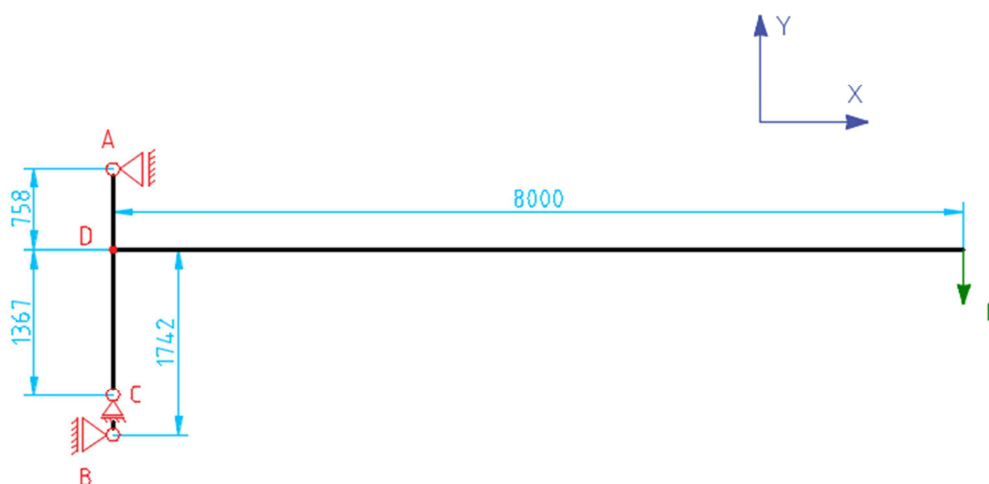
Typ	Napětí motoru [V], [Hz]	Počet fází	Typ pojezdu	Rychlost pojezdu [m/min]	Zátěžové řetězy
GM 8 2500.4-2	380 - 415, 50	3	EF 36	5	2

3 Kritická místa konstrukce

3.1 Výložník

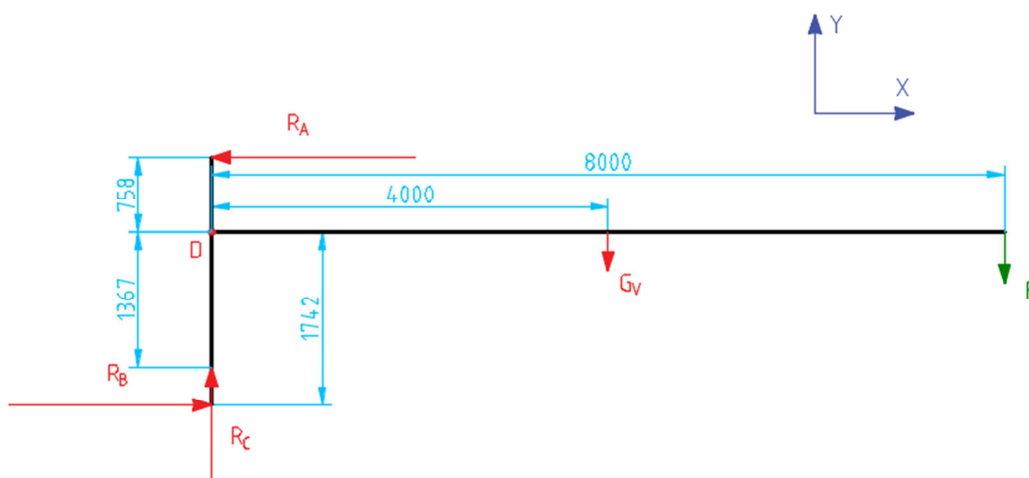
U většiny konzolových jeřábů je nejkritičtějším místem konstrukce přechod mezi výložníkem a nosnou konstrukcí, bod D na obr. 3.1. Je to způsobeno tím, že zde vzniká největší ohybový moment.

Pro výpočet ohybového momentu si nejprve vytvoříme náhradní schéma jeřábu, které vidíme na obr. 3.1. Vazby A, B a C představují kola pojezdu jeřábu.



Obr. 3.1 Náhradní schéma

V náhradním schématu uvolníme vazby, jak je vidět na obr. 3.2.



Obr. 3.2 Uvolnění vazeb

Na schématu uvolnění je vidět, že ohybový moment k bodu D vytvářejí síly F a G_V . Reakční síly R_A a R_B působí proti tomuto momentu. Síla F je

$$F = (m_b + m_k) \cdot g, \quad (3.1)$$

$$F = (2500 + 145,6) \cdot 9,81 = 25953 \text{ N},$$

$$F = 25953 \text{ N},$$

kde: m_b – maximální hmotnost břemene [kg], zadáno $m_b=2500 \text{ kg}$,

m_k – hmotnost jeřábové kočky [kg], dle tab. 2.1, $m_k=145,6 \text{ kg}$,

g – tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$].

Liniové zatížení vyvolené vlastní tíhou výložníku q_V je

$$q_V = m_V \cdot g \cdot \gamma_g, \quad (3.2)$$

$$q_V = 155 \cdot 9,81 \cdot 1,1 = 1673 \text{ N} \cdot m^{-1},$$

$$q_V = 1673 \text{ N} \cdot m^{-1}.$$

kde: m_V – hmotnost jednoho metru profilu HEB [$kg \cdot m^{-1}$], $m_V = 155 kg \cdot m^{-1}$, [8]

γ_g – součinitel zatížení od vlastní hmotnosti, $\gamma_g = 1,1$. [2]

Síla od vlastní tíhy výložníku G_V je

$$G_V = q_V \cdot 8, \quad (3.3)$$

$$G_V = 1673 \cdot 8 = 13384 \text{ N},$$

$$G_V = 13384 \text{ N},$$

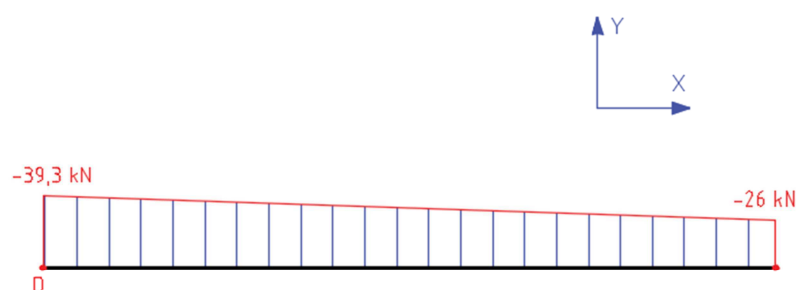
Maximální moment M_{max} , který je v bodě D, vypočítáme vynásobením sil, získaných z rovnic (3.1) a (3.2), příslušnými rameny v metrech a jejich sečtením. Pak

$$M_{max} = F \cdot 8 + G_V \cdot 4, \quad (3.4)$$

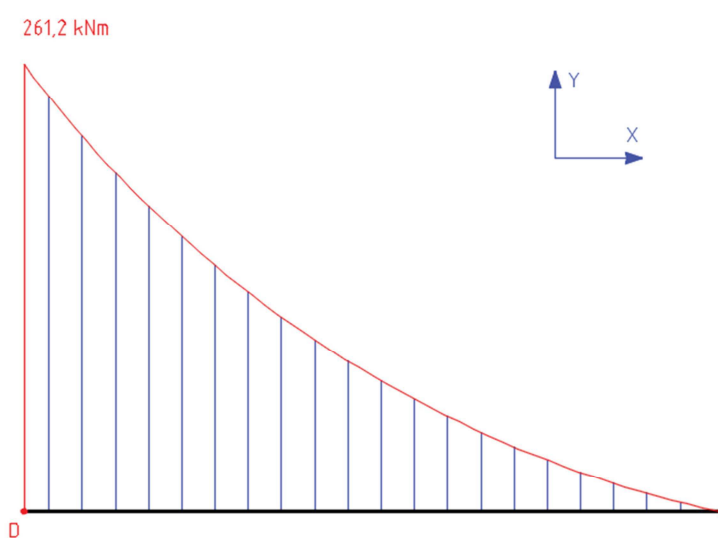
$$M_{max} = 25953 \cdot 8 + 13384 \cdot 4 = 261160 \text{ N} \cdot \text{m},$$

$$M_{max} = 261160 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Na obr. 3.3 a obr. 3.4 je vidět průběh posouvající síly a průběh ohybového momentu na výložníku.



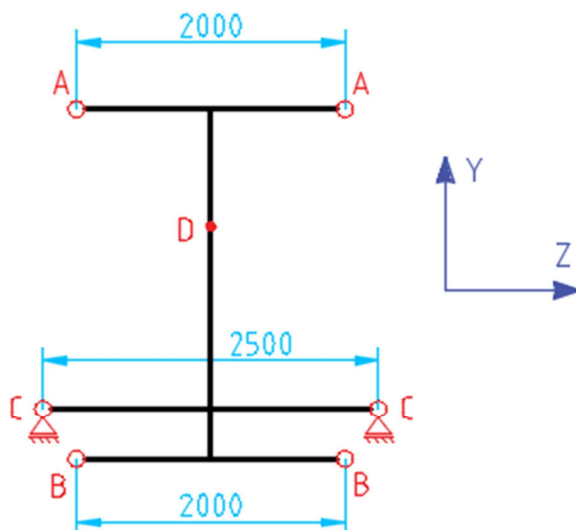
Obr. 3.3 Průběh posouvající síly na výložníku



Obr. 3.4 Průběh ohybového momentu na výložníku

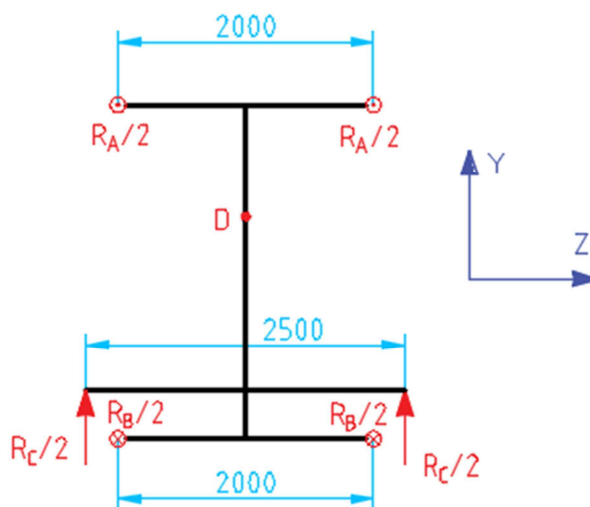
3.2 Jeřábová dráha

Ohybový moment, který je v bodě D, uvádí do rovnováhy reakční síly R_A a R_B , které vznikají mezi jeřábovou dráhou a koly pojezdu. Kol je zde celkově šest, ale jak je vidět na obr. 3.5, je pojezd symetrický.



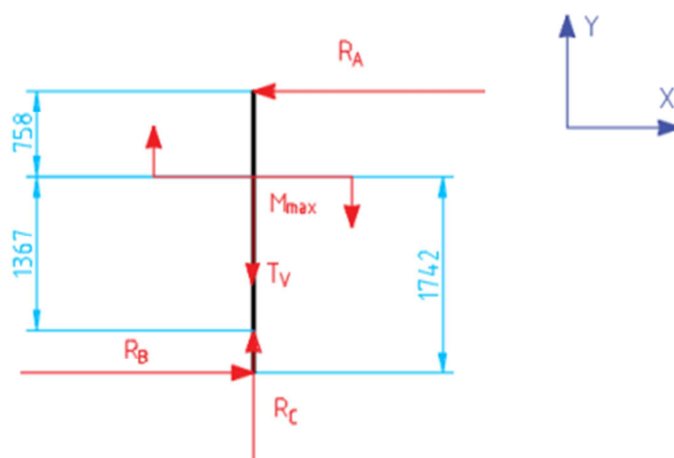
Obr. 3.5 Náhradní schéma pojezdu

Z toho důvodu si můžeme reakce na jednotlivých kolech pojezdu posunout na osu symetrie a počítat pouze se třemi reakčními silami (viz obr. 3.7) místo původních šesti. Síly působící na jednotlivá kola budou polovinou hodnoty vypočítané příslušné reakční síly, jak je znázorněno na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Uvolnění pojezdu

Na obr. 3.7 je zakresleno uvažované uvolnění pojezdu včetně momentu, který je v bodě D.



Obr. 3.7 Nahrazení výložníku momentem a silou

Z momentové podmínky k bodu B dostaneme

$$-M_{max} + R_A \cdot (0,758 + 1,742) = 0, \quad (3.5)$$

$$R_A = \frac{M_{max}}{0,758 + 1,742},$$

$$R_A = \frac{261160}{0,758 + 1,742} = 104464 \text{ N},$$

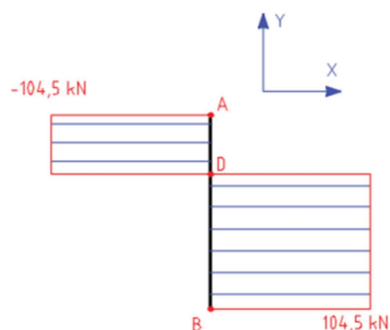
$$R_A = 104464 \text{ N}.$$

Ze silové rovnováhy v ose x získáme

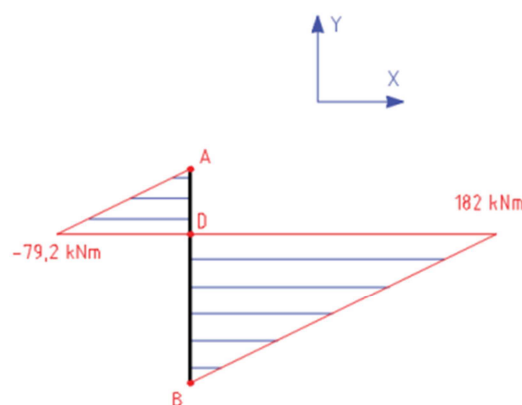
$$R_B - R_A = 0, \quad (3.6)$$

$$R_B = R_A = 104464 \text{ N}.$$

Na jednotlivá kola na ramenech pojezdu A a B bude tedy působit poloviční síla příslušné reakční síly. Hodnota zatížení jednoho kola je 52232 N , to je 5324 kg . Průběh posouvající síly a momentu na pojezdu je vidět na obr 3.8 a obr. 3.9.



Obr. 3.8 Průběh posouvající síly na pojezdu



Obr. 3.9 Průběh ohybového momentu na pojezdu

Reakční sílu R_C získáme ze silové rovnováhy v ose y. K posuvné síle od výložníku T_V v bodě D přičteme tíhovou sílu od celého pojezdu. Rovnice bude vypadat takto

$$R_C - T_V - m_p \cdot g = 0, \quad (3.7)$$

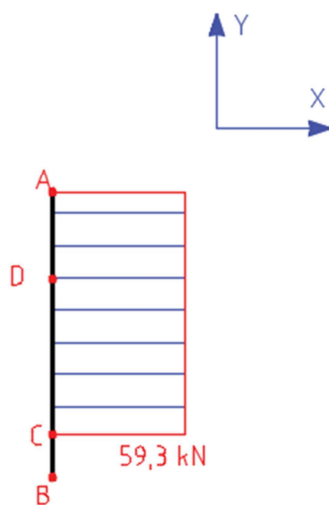
$$R_C = T_V + m_p \cdot g,$$

$$R_C = 39337 + 2100 \cdot 9,81 = 59938 \text{ N},$$

$$R_C = 59938 \text{ N},$$

kde: m_p – hmotnost pojezdu $[kg]$, $m_p=2100 \text{ kg}$.

Průběh normálové síly je znázorněn na obr. 3.10.



Obr. 3.10 Průběh normálové síly

Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo formou technické zprávy posoudit konstrukce konzolových jeřábů, hlavně posuvného konzolového jeřábu a jeho dráhy.

Posuvných konzolových jeřábů se mnoho nevyrábí, protože nemají univerzální využití a používají se spíše, jako pomocné jeřáby k jiným, například mostovým, jeřábům. Kvůli tomu není na internetu ani v literatuře mnoho informací o tomto druhu jeřábu a firmy, které tento jeřáb vyrábí, většinu informací nesdělují.

V České republice se mi podařilo najít jediného výrobce, a to firmu GIGA s.r.o., která mi i poskytla model svého jeřábu a sdělila jeho parametry. Je to model jeřábu, který je použit v zinkovně v Českých Budějovicích.

Kladkostroj jsem vybíral pouze podle parametrů, protože jsem neměl zadaná žádná kritéria, která by mě omezovala ve výběru. Rozhodl jsem se pro kladkostroj dvourychlostní, aby mohla obsluha přesněji manipulovat s břemenem v nižších rychlostech, nebo případně podle potřeby zrychlit jeho přesun.

V kapitole 3.2 jsem počítal namáhání dráhy a je zde vidět, že každé z kol musí přenést zatížení okolo 5 300 kg. Jediná kola, která nesou menší zatížení, jsou hnaná kola, na rameni C. Každé z nich nese zatížení přibližně 3000 kg.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN ISO 4306-1. *Jeřáby - Slovník - Část 1: Všeobecně*. 4. Brno: Královo Pole Cranes, 2010.
- [2] ČSN 27 0103. *Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů: Výpočet podle mezních stavů*. Praha, 1989.
- [3] Elektrické řetězové kladkostroje. *HOFFMANN Fördertechnik* [online]. Turnov: HOFFMANN Fördertechnik [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.kladkostroje.cz/prilohy/soubory/katalog-lifket-star.pdf>
- [4] Elektrické řetězové kladkostroje. *ITECO* [online]. Brno, 2015 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.iteco.cz/files/ckeditor/Soubory/katalogy_2015/ABUCompact_cz.pdf
- [5] Kladkostroj. *ITECO* [online]. Brno: Iteco [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/kladkostroje/>
- [6] Nástěnný otočný jeřáb. In: *Altod systems* [online]. Plzeň: Altod systems [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [http://www.altosystems.cz/105-nastenny_otocny_jerab#!prettyPhoto\[foto\]/0/](http://www.altosystems.cz/105-nastenny_otocny_jerab#!prettyPhoto[foto]/0/)
- [7] Pojízdný konzolový jeřáb. *GIGA* [online]. Píšťovice: GIGA [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.gigasro.cz/pojizdne-konzolove-jeraby.html>
- [8] Profil HEB. *Ferona* [online]. Ferona [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=27093>
- [9] SHIGLEY, Joseph, Charles MISCHKE a Richard BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. Brno: VUTIUUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [10] Sloupový jeřáb. *ITECO* [online]. Brno: Iteco, 2006 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/clanky/detail/mostove-jeraby-mostovy-jerab-sloupove-jeraby-sloupovy-jerab.htm>

Seznam obrázků

OBR. 1.1 SLOUPOVÝ KONZOLOVÝ JEŘÁB FIRMY ABUS [10].....	9
OBR. 1.2 NÁSTĚNNÝ KONZOLOVÝ JEŘÁB [6]	10
OBR. 1.3 POJÍZDNÝ KONZOLOVÝ JEŘÁB FIRMY GIGA [7].....	10
OBR. 1.4 BICYKLOVÝ KONZOLOVÝ JEŘÁB [1]	11
OBR. 2.1 KLADKOSTROJ FIRMY ABUS [5].....	13
OBR. 3.1 NÁHRADNÍ SCHÉMA	14
OBR. 3.2 UVOLNĚNÍ VAZEB	14
OBR. 3.3 PRŮBĚH POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA VÝLOŽNÍKU	16
OBR. 3.4 PRŮBĚH OHYBOVÉHO MOMENTU NA VÝLOŽNÍKU	16
OBR. 3.5 NÁHRADNÍ SCHÉMA POJEZDU	17
OBR. 3.6 UVOLNĚNÍ POJEZDU	17
OBR. 3.7 NAHRAZENÍ VÝLOŽNÍKU MOMENTEM A SILOU	18
OBR. 3.8 PRŮBĚH POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA POJEZDU	19
OBR. 3.9 PRŮBĚH OHYBOVÉHO MOMENTU NA POJEZDU	19
OBR. 3.10 PRŮBĚH NORMÁLOVÉ SÍLY	20

Seznam tabulek

TAB. 2.1 KLADKOSTROJE FIRMY ABUS S NOSNOSTÍ DO 2500 KG [4].....	12
TAB. 2.2 KLADKOSTROJE LIFTKET STAR S NOSNOSTÍ DO 2500 KG [3].....	13
TAB. 2.3 KLADKOSTROJ GM 8 2500.4-2 [4]	13

Seznam zkratek a symbolů

F	[N]	zatěžující síla od břemene a vlastní váhy kladkostroje
G_V	[N]	síla od vlastní tíhy výložníku
M_{\max}	[N · m]	maximální ohybový moment
R_A	[N]	reakční síla od vazby A
R_B	[N]	reakční síla od vazby B
R_C	[N]	reakční síla od vazby C
T_V	[N]	posouvající síla v bodě D
g	[m · s ⁻²]	gravitační zrychlení
m_b	[kg]	hmotnost břemene
m_k	[kg]	hmotnost kladkostroje
m_V	[kg · m ⁻¹]	hmotnost jednoho metru profilu HEB
m_p	[kg]	hmotnost pojezdu
q_V	[N · m ⁻¹]	liniové zatížení vyvolané vlastní tíhou výložníku
γ_g	[-]	součinitel zatížení od vlastní hmotnosti

Seznam příloh

Příloha 1 Výkres jeřábu – výkres č. BP-00.000

Příloha 2 Konstrukční výkres dráhy jeřábu – výkres č. BP-00.001

Dne 25. 5. 2017 zpracoval Radek Vozárik.